



ARTICLE

Optimasi Jaringan LTE di Wilayah Sario, Kota Manado

LTE Network Optimization in Sario Area, Manado City

Andi Rusman, Alfin Hikmaturokhman,* dan Petrus Kerowe Goran

Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia

*Penulis Korespondensi: alfin@ittelkom-pwt.ac.id

(Disubmit 24-01-07; Diterima 24-02-27; Dipublikasikan online pada 24-09-05)

Abstrak

Dalam perkembangan teknologi telekomunikasi yang semakin maju, operator telekomunikasi dituntut untuk menyediakan layanan dengan laju data yang tinggi, kapasitas yang besar, area akses yang luas, dan mobilitas yang tinggi. Namun, pada kenyataannya beberapa area masih mengalami kendala dalam ketersediaan jaringan internet untuk di wilayah-wilayah potensial seperti kantor dan pusat ekonomi. Sebagai contoh, wilayah Sario di kota Manado bisa saja mengalami masalah dalam konektivitas internet yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan bagi pengguna yang disebabkan karena *bad coverage* atau *bad quality* pada area tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan jaringan *Long Term Evolution* (LTE) di wilayah Sario kota Manado berdasarkan salah satu operator telekomunikasi di Indonesia menggunakan skenario parameter tuning, physical tuning dan penambahan site baru. Optimisasi dilakukan dengan memperhatikan *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Signal to Interference and Noise Ratio* (SINR), dan *Reference Signal Received Quality* (RSRQ). Penelitian ini menggunakan aplikasi Gnet Track Pro sebagai alat monitoring jaringan seluler dan informasi neighbour cell, serta menggunakan Tableau untuk melakukan analisis dan perhitungan optimisasi jaringan. Berdasarkan hasil analisis jumlah presentase RSRP sebelumnya 26.45% menjadi 97.5% untuk SINR diperoleh peningkatan sebelumnya 59.02% menjadi 94.89% sedangkan untuk RSRQ meningkat menjadi 84.61% yang sebelumnya berada pada 65.22%.

Kata kunci: RSRP; RSRQ; SINR; Parameter Tunning; Physical Tunning;

Abstract

In the rapidly advancing telecommunications technology, telecommunication operators are demanded to provide services with high data rate, large capacity, wide coverage, and high mobility. However, some areas still face challenges in accessing internet connectivity, particularly in potential areas such as offices and economic centers. For example, the Sario area in Manado city may experience internet connectivity issues that can cause inconvenience for users due to bad coverage or bad quality in that area. Therefore, this research aims to optimize the *Long Term Evolution* (LTE) network in the Sario area of Manado city based on one of the telecommunications operators in Indonesia using parameter tuning, physical tuning, and new site addition scenarios. The optimization is carried out by considering Reference Signal Received Power (RSRP), Signal to Interference and Noise Ratio (SINR), and Reference Signal Received Quality (RSRQ). This research uses the Gnet Track Pro application as a cellular network monitoring tool and neighbor cell information and uses Tableau for network optimization analysis and calculation. Based on the results of the analysis, the previous RSRP percentage was 26.45% to 97.5%. For SINR, the previous increase was 59.02% to 94.89%, while for RSRQ it increased to 84.61%, which was previously at 65.22%.

KeyWords: RSRP; RSRQ; SINR; Parameter Tunning; Physical Tunning;

This is an Open Access article - copyright on authors, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY SA) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

How to Cite: A. Rusman *et al.*, "Optimasi Jaringan LTE di Wilayah Sario, Kota Manado", *JIKO (JURNAL INFORMATIKA DAN KOMPUTER)*, Volume: 8, No.2, Pages 329–339, September 2024, doi: 10.26798/jiko.v8i2.1202.

1. Pendahuluan

Sebagai kawasan pusat ekonomi dan bisnis di kota Manado, Sario selalu ramai setiap harinya[1]. Tempat ini menjadi pusat aktivitas untuk para pekerja dan pelajar dengan beragam aktivitas setiap harinya. Sebagai daerah yang potensial diharapkan memiliki jaringan berkualitas yang harus melewati beberapa tahap seperti perencanaan sampai ke optimasi jaringan. Pada penelitian ini akan melakukan optimasi jaringan dengan melakukan analisis data dari proses *drive test* menggunakan software *G-NetTrack Pro* yang selanjutnya akan dilakukan analisis secara detail melalui aplikasi MapInfo. *Drive Test* dilakukan untuk melihat kondisi aktual dengan memperhatikan *Key Performance Indicator* yang merupakan parameter baik atau buruknya suatu jaringan. Diantara beberapa parameter yang sering menjadi acuan dalam jaringan LTE seperti *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Signal Interference to Noise Ratio* (SINR), dan *Reference Signal Received Quality* (RSRQ). Jika data awal ditemukan area yang tidak memiliki parameter yang baik diperlukan optimasi dengan menggunakan metode analisis, yaitu perubahan parameter, perubahan physical, dan penambahan site baru[2]. Harapannya dapat meningkatnya kinerja jaringan LTE untuk menunjang aktivitas setiap pengguna di wilayah tersebut.

1.1 Long Term Evolution

LTE merupakan teknologi yang penting untuk mendukung perkembangan teknologi seluler. LTE memungkinkan pengguna untuk menikmati pengalaman internet yang lebih cepat, lebih lancar, dan lebih responsif. LTE menawarkan kecepatan data yang jauh lebih tinggi daripada jaringan 3G sebelumnya. Kecepatan data puncak LTE dapat mencapai 300 Mbps, yang memungkinkan pengguna untuk mengunduh file besar, *streaming* video HD, dan bermain game online dengan lancar[3, 4, 5].

1.2 Drive Test

Drive test adalah metode untuk mengukur dan menilai cakupan, kapasitas, dan kualitas layanan (QoS) jaringan radio bergerak. *Drive test* dilakukan dengan menggunakan perangkat khusus yang dipasang di mobil. Perangkat ini akan mengukur berbagai parameter jaringan, seperti kekuatan sinyal, kualitas sinyal, dan latensi[6, 7].

1.3 Parameter yang dianalisis

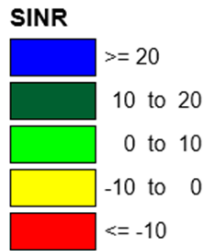
Parameter yang di analisis pada penelitian ini merujuk ke parameter yang sudah biasa ditingkatkan seperti RSRP, SINR dan RSRQ[8].

1. RSRP atau *Reference Signal Received Power* merupakan salah satu parameter utama dalam melakukan perbaikan kinerja jaringan. Semakin dekat *user equipment* dengan sebuah *transmitter*, maka nilai RSRP akan meningkat. Semakin jauh dari transmitter, maka nilai RSRP akan semakin mengecil. Berikut *range* nilai RSRP berdasarkan ketentuan operator[9, 10, 11, 12].

RSRP	
	-80 to 0
	-90 to -80
	-100 to -90
	-110 to -100
	-140 to -110

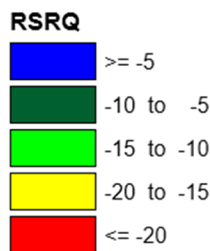
Gambar 1. Legenda RSRP

2. SINR atau *Signal to Interference Noise Ratio* merupakan parameter perbandingan sinyal yang diterima dengan *noise*. Dengan kata lain membandingkan antara besar daya sinyal yang diterima dengan *noise* yang diterima oleh pelanggan, Berikut *range* nilai SINR berdasarkan ketentuan operator.



Gambar 2. Legenda SINR

3. RSRQ atau *Reference Signal Received Quality* merupakan sebuah parameter yang mengacu kepada kualitas sinyal yang diterima dan merupakan parameter yang berperan untuk membantu RSRP melakukan *handover*. Berikut *range* nilai RSRQ berdasarkan ketentuan operator.



Gambar 3. Legenda RSRQ

1.4 Saran Perbaikan Kinerja Jaringan

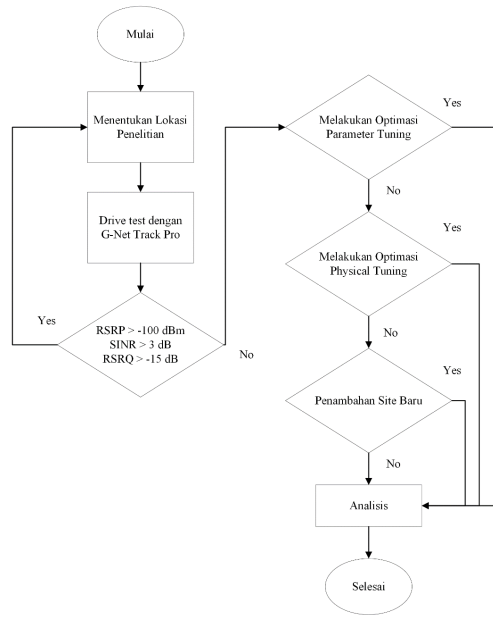
Dengan tujuan untuk meningkatkan performansi jaringan di area Sario kota Manado setelah melakukan *drive test*. Akan diberikan beberapa saran perbaikan untuk meningkatkan kinerja jaringan. berikut beberapa saran perbaikan yang telah dilakukan[9, 10, 11, 12]

1. Perubahan Parameter, Metode ini dilakukan dengan merubah parameter secara *config* dari kondisi *existing* yang ada dengan tujuan memaksimalkan performansi dari *transmitter*.
2. Perubahan *Physical*, Metode ini digunakan untuk merubah secara fisik dari antenna, seperti merubah arah antenna, merubah kemiringan dengan tujuan yang sama untuk memaksimalkan kinerja jaringan.
3. Penambahan Site Baru, Metode terakhir yaitu penambahan site baru tapi tidak disarankan untuk penelitian ini karena biaya yang dibutuhkan sangat besar, tetapi bisa menjadi acuan untuk operator dengan menimbang kemungkinan diusulkanya BTS baru guna semakin memperkuat kondisi *existing* yang telah ada.

2. Metode Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan terdiri dari penentuan lokasi penelitian pada tulisan ini dilakukan pengambilan data pada wilayah Sario di Kota Manado yang merupakan area potensial dan menjadi *concern* untuk optimasi jaringan. pengambilan data dan parameter performansi awal, identifikasi *badspot*, identifikasi dan analisis permasalahan serta penerapan optimisasi jaringan, pengambilan data setelah optimisasi.

Setelah menentukan lokasi perbaikan kinerja jaringan akan dilakukan *drive test* menggunakan aplikasi *drive test* yang telah terpasang di perangkat *handphone*. Selanjutnya dari hasil *drive test* akan di analisis apakah ada area *badspot* dari rute yang terlewati untuk parameter RSRP, SINR dan RSRQ. Apabila tidak maka akan dicari lokasi yang lain dan apabila ya maka proses optimasi akan berlanjut. Metode analisis yang pertama adalah parameter *tunning*, apabila belum mencapai target akan dilanjutkan ke *physical tuning* sampai ke metode penambahan site baru.



Gambar 4. Diagram Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan drive test di area Sario kota Manado. Dengan melewati area padat penduduk dan potensial area ditemukan beberapa badspot yang diklasifikasikan ke dalam tabel berikut.

Tabel 1. Summary badspot

Parameter	Layanan	Badspot
RSRP	idle	3
SINR	idle	6
RSRQ	idle	1

Selanjutnya penjelasan secara detail berdasarkan hasil *drive test* yang telah dilakukan. Dibagi atas 3 parameter utama yaitu RSRP, SINR, dan RSRQ. Merujuk pada gambar di bawah ini merupakan hasil *drive test* untuk parameter RSRP.



Gambar 5. Hasil Drive Test RSRP Sebelum Optimasi

Selanjutnya dilakukan *profiling* untuk menentukan *badspot* dari hasil *drive test* untuk parameter RSRP dan ditemukan 3 *badspot* area yang menjadi fokus optimasi. Secara detail setiap badspot dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Rincian Badspot RSRP [9, 10, 11, 12]

Sebelum		
	Quantity	Percentage
Range (dBm)	Badspot_RSRP_1	
0 to -80	0	0.00
-80 to -90	0	0.00
-90 to -100	10	21.28
-100 to -110	35	74.47
-110 to -140	2	4.26
Range (dBm)	Badspot_RSRP_2	
0 to -80	0	0.00
-80 to -90	0	0.00
-90 to -100	8	10.96
-100 to -110	65	89.04
-110 to -140	0	0.00
Range (dBm)	Badspot_RSRP_3	
0 to -80	0	0.00
-80 to -90	38	11.55
-90 to -100	117	35.56
-100 to -110	158	48.02
-110 to -140	16	4.86

Berikutnya ada parameter SINR yang telah di *profiling* dan terdapat beberapa *badspot* yang menjadi perhatian optimasi yang merujuk pada Gambar 3, sedangkan rincian setiap *badspot* dari hasil *drive test* SINR merujuk pada Tabel 3.



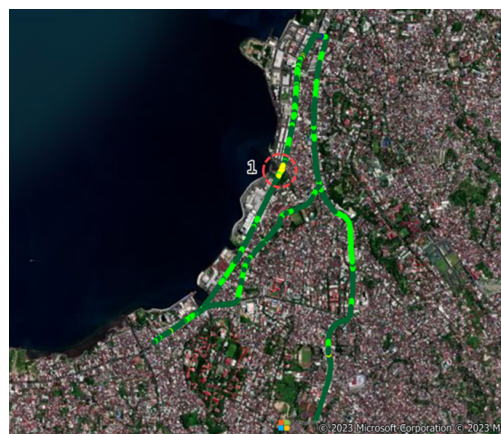
Gambar 6. Hasil Drive Test SINR Sebelum Optimasi

Sedangkan merujuk pada Gambar 4 merupakan *profiling badspot* untuk parameter terakhir yaitu RSRQ. Terdapat satu area yang menjadi perhatian untuk meningkatkan parameter RSRQ. Rincian *badspot* dari hasil *drive test* RSRQ dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Rincian Badspot SINR

Sebelum		
	Quantity	Percentage
Range (dB)	Badspot_SINR_1	
>= 20	0	0.00
10 to 20	1	7.14

0 to 10	5	35.71
-10 to 0	8	57.14
<= -10	0	0.00
<hr/>		
Range (dB)	Badspot_SINR_2	
>= 20	0	0.00
10 to 20	9	11.84
0 to 10	24	31.58
-10 to 0	43	56.58
<= -10	0	0.00
<hr/>		
Range (dB)	Badspot_SINR_3	
>= 20	0	0.00
10 to 20	11	26.19
0 to 10	15	35.71
-10 to 0	16	38.10
<= -10	0	0.00
<hr/>		
Range (dB)	Badspot_SINR_4	
>= 20	0	0.00
10 to 20	0	0.00
0 to 10	35	53.85
-10 to 0	30	46.15
<= -10	0	0.00
<hr/>		
Range (dB)	Badspot_SINR_5	
>= 20	0	0.00
10 to 20	0	0.00
0 to 10	20	66.67
-10 to 0	10	33.33
<= -10	0	0.00
<hr/>		
Range (dB)	Badspot_SINR_6	
>= 20	0	0.00
10 to 20	18	37.50
0 to 10	23	47.92
-10 to 0	7	14.58
<= -10	0	0.00



Gambar 7. Hasil Drive Test RSRQ Sebelum Optimasi

Tabel 4. Rincian Badspot RSRQ

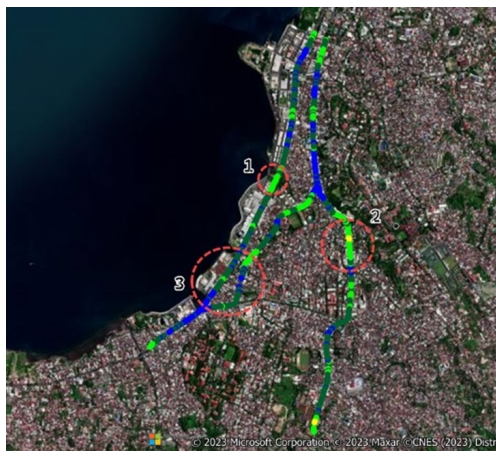
Range (dB)	Sebelum	
	Quantity	Percentage
>= -5	0	0.00
-5 to -10	22	47.83
-10 to 15	8	17.39
-15 to -20	16	34.78
<= -20	0	0.00

Setelah memperoleh semua parameter yang dibutuhkan akan dilakukan peningkatan kinerja jaringan. Dari hasil *profiling* ketiga parameter terdapat 10 titik yang menjadi fokus perbaikan. Kemudian dilakukan analisis sesuai metode yang ingin digunakan, Berikut adalah *summary* metode yang di lakukan untuk setiap *badspot*.

Tabel 5. Summary Metode Optimization

Badspot	Metode
Badspot_RSRP_1	Parameter
Badspot_RSRP_2	Physical & Parameter
Badspot_RSRP_3	Parameter
Badspot_SINR_1	Parameter
Badspot_SINR_2	Parameter
Badspot_SINR_3	Parameter
Badspot_SINR_4	Physical & Parameter
Badspot_SINR_5	Parameter
Badspot_SINR_6	Parameter
Badspot_RSRQ_1	Parameter

Setiap titik *badspot* memiliki kondisi yang berbeda. Oleh karena itu metode yang di gunakan berbeda-beda pula. Setelah melewati proses analisis semua perubahan akan di terapkan masing-masing yang selanjutnya akan dilakukan *drive test* yang kedua untuk melihat seperti apa perubahan atas peningkatan kinerja jaringan yang dilakukan. Berikut untuk hasil *drive test* yang kedua setelah proses optimasi dilakukan.



Gambar 8. Hasil Drive Test RSRQ Setelah Optimasi

Merujuk pada Gambar 5 yang merupakan hasil *drive test* Setelah dilakukan optimisasi untuk parameter RSRP. Selanjutnya diperoleh data perbandingan sebelum dan setelah optimasi dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan *Before After Badspot RSRP*

Range (dBm)	Sebelum		Sesudah	
	Quantity	Percentage	Quantity	Percentage
Badspot_RSRP_1				
0 to -80	0	0.00	0	0.00
-80 to -90	0	0.00	2	11.76
-90 to -100	10	21.28	15	88.24
-100 to -110	35	74.47	0	0.00
-110 to -140	2	4.26	0	0.00
Badspot_RSRP_2				
0 to -80	0	0.00	0	0.00
-80 to -90	0	0.00	8	20.00
-90 to -100	8	10.96	29	72.50
-100 to -110	65	89.04	3	7.50
-110 to -140	0	0.00	0	0.00
Badspot_RSRP_3				
0 to -80	0	0.00	30	23.62
-80 to -90	38	11.55	77	60.63
-90 to -100	117	35.56	20	15.75
-100 to -110	158	48.02	0	0.00
-110 to -140	16	4.86	0	0.00

Selanjutnya dilakukan juga perbandingan parameter SINR yang merujuk pada Gambar 6. Terlihat peningkatan nilai parameter yang menandakan penerapan optimasi berhasil.



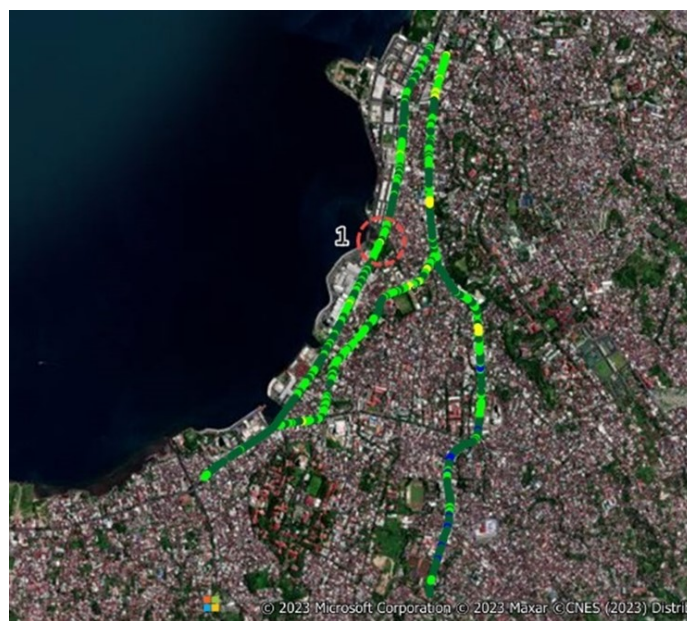
Gambar 9. Hasil *Drive Test SINR After*

Untuk lebih detail nilai perbandingan parameter SINR sebelum dan setelah optimasi dapat dilihat pada Tabel 7. Terlihat beberapa badspot mengalami peningkatan nilai menjadi lebih baik.

Tabel 7. Perbandingan *Before After Badspot SINR*

Range (dB)	Sebelum		Sesudah	
	Quantity	Percentage	Quantity	Percentage
Badspot_SINR_1				

>= 20	0	0.00	8	61.54
10 to 20	1	7.14	3	23.08
0 to 10	5	35.71	1	7.69
-10 to 0	8	57.14	1	7.69
<= -10	0	0.00	0	0.00
Range (dB) Badspot_SINR_2				
>= 20	0	0.00	0	0.00
10 to 20	9	11.84	5	41.67
0 to 10	24	31.58	7	58.33
-10 to 0	43	56.58	0	0.00
<= -10	0	0.00	0	0.00
Range (dB) Badspot_SINR_3				
>= 20	0	0.00	0	0.00
10 to 20	11	26.19	5	45.45
0 to 10	15	35.71	5	45.45
-10 to 0	16	38.10	1	9.09
<= -10	0	0.00	0	0.00
Range (dB) Badspot_SINR_4				
>= 20	0	0.00	0	0.00
10 to 20	0	0.00	13	36.11
0 to 10	35	53.85	18	50.00
-10 to 0	30	46.15	5	13.89
<= -10	0	0.00	0	0.00
Range (dB) Badspot_SINR_5				
>= 20	0	0.00	3	21.43
10 to 20	0	0.00	5	35.71
0 to 10	20	66.67	6	42.86
-10 to 0	10	33.33	0	0.00
<= -10	0	0.00	0	0.00
Range (dB) Badspot_SINR_6				
>= 20	0	0.00	0	0.00
10 to 20	18	37.50	8	66.67
0 to 10	23	47.92	4	33.33
-10 to 0	7	14.58	0	0.00
<= -10	0	0.00	0	0.00



Gambar 10. Hasil Drive Test RSRQ After

Sedangkan untuk parameter yang terakhir yaitu RSRQ juga mengalami peningkatan seperti yang terlihat

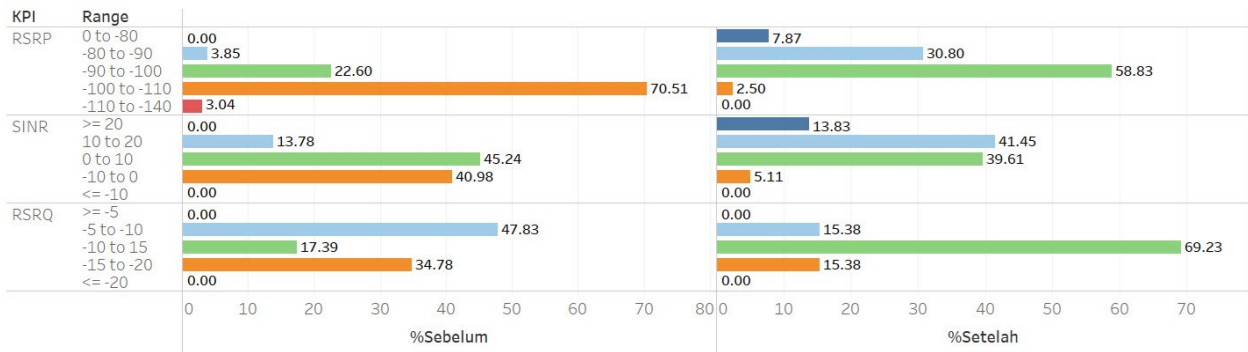
pada Gambar 7 yang merupakan hasil drive test after untuk parameter RSRQ.

Untuk perbandingan parameter RSRQ *before* dan *after* lebih detail dapat di lihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan *Before-After Badspot RSRQ*

Range (dB)	Sebelum		Sesudah	
	Quantity	Percentage	Quantity	Percentage
>= -5	0	0.00	0	0.00
-5 to -10	22	47.83	2	15.38
-10 to 15	8	17.39	9	69.23
-15 to -20	16	34.78	2	15.38
<= -20	0	0.00	0	0.00

Perbandingan antara sebelum dan setelah optimasi dapat di lihat pada Gambar 8. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa secara keseluruhan terdapat peningkatan data parameter yang menandakan jaringan sudah mengalami peningkatan kualitas.



Gambar 11. Grafik Perbandingan *Before After*

Merujuk pada Gambar 8 terlihat bahwa secara keseluruhan terdapat peningkatan data parameter yang menandakan jaringan sudah mengalami peningkatan kualitas. Untuk RSRP dalam kategori baik sebelum optimasi berada di 26.45% setelah optimasi meningkat sangat drastis menjadi 97.5% selain dilakukannya optimasi ada aspek lain yang menjadi faktor meningkatnya nilai RSRP yaitu terdapat site baru yang terpasang dirute penelitian. Sedangkan untuk SINR sebelum optimasi berada di 59.02% meningkat menjadi 94.89% seperti yang telah dijelaskan sebelumnya peningkatan ini tentunya terkait dengan adanya penambahan site baru di rute penelitian. Parameter terakhir untuk RSRQ yang sebelumnya berada di 65.22% menjadi 84.61%.

4. Simpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa optimasi sangat penting dilakukan karena ada beberapa faktor seperti perubahan lingkungan atau kebiasaan pelanggan yang memungkinkan engineer disuatu operator melakukan perubahan kondisi jaringan dari perencanaan awalnya. Hasil peningkatan parameter setelah optimasi diperoleh Untuk RSRP dalam kategori baik sebelum optimasi berada di 26.45% setelah optimasi meningkat sangat drastis menjadi 97.5% selain dilakukannya optimasi ada aspek lain yang menjadi faktor meningkatnya nilai RSRP yaitu terdapat site baru yang terpasang dirute penelitian. Sedangkan untuk SINR sebelum optimasi berada di 59.02% meningkat menjadi 94.89% seperti yang telah dijelaskan sebelumnya peningkatan ini tentunya terkait dengan adanya penambahan site baru di rute penelitian. Parameter terakhir untuk RSRQ yang sebelumnya berada di 65.22% menjadi 84.61%. Dalam optimasi pada studi ini dilakukan perubahan azimuth untuk kategori perubahan physical, electrical tilt untuk perubahan

parameter dan penambahan site baru. Penelitian ini mengalami peningkatan parameter yang berindikasi analisis telah berhasil dilakukan.

Pustaka

- [1] (2020) Kawasan bisnis & Wisata di kota Manado. Online. [Online]. Available: <https://tribunmanadotravel.tribunnews.com/2020/09/06/jl-boulevard-kawasan-bisnis-dan-wisata-di-kota-manado>
- [2] I. Ferdiansah, M. A. Amanaf, and E. Wahyudi, "Simulasi optimasi jaringan lte 1800 dengan menggunakan metode physical tuning di kota sukoharjo," *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, vol. 3, no. 2, pp. 96–107, 2022.
- [3] R. A. Pradiwi, H. Putri, and Y. Christiary, "Planning of the lte-advanced network using inter-band carrier aggregation method at 1800mhz and 2100mhz frequencies in braga (alun-alun balaikota)," in *eProceedings of Applied Science*, 2021, pp. 1–8.
- [4] A. Hikmaturokhman, L. Wardhana, and S. Dharmanto, *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia Jilid 2*. Nulis Buku, 2015.
- [5] A. Irawan, A. Hikmaturokhman, and D. Pranindito, "Analisis tekno ekonomi perancangan 4g lte di kabupaten banyumas," *Jurnal ECOTIPE*, vol. 5, no. 1, 2018.
- [6] R. A. Mursid, I. Uke, K. Usman, and H. Vidyaningtyas, "Performance analysis and optimization for 4g lte network at telkom university region," in *e-Proceeding of Engineering*, vol. 6, no. 1, 2019, pp. 339–345.
- [7] M. Sousa, A. Alves, P. Vieira, M. P. Queluz, and A. Rodrigues, "Analysis and optimization of 5g coverage predictions using a beamforming antenna model and real drive test measurements," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 101 787–101 808, 2021.
- [8] D. Aliansyah, F. Kurniawan, and U. Putra, "Usulan perbaikan layanan lte di jalan daan mogot dari kota tangerang sampai kota jakarta barat," in *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 6, 2022, pp. 3972–3978.
- [9] M. A. Amanaf, A. Hikmaturokhman, and A. F. Septian, "Calibrating the standard propagation model (spm) for suburban environments using 4g lte field measurement study case in indonesia," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing Ltd, 2020.
- [10] R. D. Ayuningtyas, M. P. K. Praja, S. Romadhona, and Z. H. Pradana, "Penerapan skema automatic cell planning (acp) untuk meningkatkan coverage area jaringan 4g-lte pada perumahan bukit kalibagor indah," *Journal of Telecommunication Electronics and Control Engineering (JTECE)*, vol. 6, no. 1, pp. 13–28, Jan. 2024.
- [11] H. Putri, I. Ahmad, A. Hikmaturokhman, and D. H. Putri, "Automatic cell planning method for radio network optimization," *JOIV*, vol. 8, no. 1, pp. 449–455, 2024.
- [12] H. B. Riswanto, I. Erlangga, D. P. Sati, M. Rizky, F. A. Rosyid, and A. Hikmaturokhman, "Dampak mu-mimo dan su-mimo pada perencanaan jaringan seluler 2300 mhz: Studi komprehensif di kota cilacap," *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 13–24, 2024.